

## LED SOWIE LED-LICHTQUELLE

### Technisches Umfeld

[001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine LED, bei der mindestens ein LED-Die mit einem Die-Attach auf einem LED-PCB angeordnet ist und das LED-PCB an der dem LED-Die gegenüberliegenden Seite elektrische Rückseitenkontakte, die gegebenenfalls als Steckkontakte sind, aufweist. Sie betrifft weiters eine LED-Lichtquelle mit einer oder mehreren auf einer Platine oder einem Stecker angeordneten LEDs der eingangs genannten Art, wobei die Platine Kontaktflächen bzw. der Stecker Kontakte aufweist, mit denen die LEDs kontaktiert sind.

[002] LED-Lichtquellen haben normalerweise folgenden Aufbau:

[003] Der LED-Die ist mittels eines Die-Attaches auf eine Kontaktfläche (z.B. Leiterbahn) eines LED-PCBs aufgebracht. (PCB = printed circuit board; der Begriff Die-Attach umfasst sowohl einen Die-Kleber als auch eine Löt-Verbindung.) Zusammen mit den Rückseitenkontakten des LED-PCB stellt diese Anordnung eine eigene LED-Lampe dar. Diese LED-Lampe wird mittels einer Bestückungstechnik (z.B. SMT) auf eine Platine assembliert, die dann optional mit einem Kühlkörper verbunden wird. Optional kann die Lampe in einem Lampensockel befestigt und kontaktiert werden. Statt auf einer Platine kann die LED auch auf einem Stecker assembliert werden.

[004] Um LED-Anwendungen mit hoher Helligkeit zu realisieren, werden immer stärkere Hochleistungs-LEDs eingesetzt, auch schon mit einer Betriebsleistung von mehr als  $1 \text{ W}_{\text{el}}$ . Die Chipfläche dieser LEDs liegt derzeit im Bereich von  $1 \text{ mm}^2$ . Es zeichnet sich der Trend ab, dass in Zukunft die Betriebsleistung pro LED weiter erhöht wird, was einerseits durch größere Halbleiter und andererseits durch höhere Stromdichten erreicht wird. Speziell letzterer Parameter bewirkt, dass die Leistungsdichten von LEDs von derzeit maximal  $1-2 \text{ W}_{\text{el}}/\text{mm}^2$  in Zukunft auf über  $4 \text{ W}_{\text{el}}/\text{mm}^2$  ansteigen werden.

[005] Allerdings sind für das Abführen der Verlustwärme hierzu entsprechende Anordnungen zu realisieren, die es gestatten, die Wärme ausreichend vom Halbleiter abzuführen.

[006] Eine zu hohe Erwärmung während des Betriebes der LEDs führt zu einer Bauteilzerstörung. Aus diesem Grund muss während des Betriebes der LED gewährleistet werden, dass die Temperatur an der Sperrschicht des p-n-Übergangs in der LED nicht über typischerweise  $130^\circ\text{C}$  steigt. Dies kann insofern während des Betriebes der LEDs eintreten, da nur ein Teil der vom Bauelement aufgenommenen elektrischen Leistung in Licht umgesetzt wird, während der andere Teil in Wärme umgewandelt wird. (Derzeit ist die Leistungseffizienz von LEDs kleiner als 10%.) Die Betriebsparameter

von LEDs sind daher in Abhängigkeit von der Art der Assemblierung, der Einbau- und Umgebungsbedingungen derart zu wählen, dass die Sperrsichttemperatur immer unter 130°C bleibt.

[007] In gegenständlicher Erfindung werden Anordnungen vorgestellt, welche die Verlustwärme von LEDs derart effizient abführen können, dass Leistungsdichten von über 2 W /mm<sup>2</sup> abgeführt werden können.

[008] Um die Verlustwärme effizient abzuführen, muss der thermische Widerstand der Anordnung optimiert werden. Wenn die Wärme ohne hohe Temperaturabfälle auf den LED-Träger übertragen werden kann, bleibt die Sperrsicht unter der maximal zulässigen Temperatur. Der wesentliche physikalische Parameter ist also der thermische Widerstand, gemessen in K/W.

[009] Anordnungen und Aufbauten, wie diese derzeit für High-Power-LEDs Stand der Technik sind, weisen in optimierten Anordnungen typisch einen thermischen Widerstand von mehr als 20K/W (Übergang Junction zu LED Trägermaterial) auf. Dies bedeutet, dass der Temperaturunterschied zwischen dem LED-Träger und der aktiven Zone der LED - bei Betrieb mit 5 W<sub>el</sub> - mehr als 100K beträgt. Ausgehend von einer maximal zulässigen Sperrsichttemperatur für Langzeitanwendungen von 130°C bedeutet dies, dass bei Temperaturen über 30°C ein Einsatz unmöglich ist, und daher ist diese LED für viele technische Anwendungen (Automobil, Verkehr) ungeeignet.

## Offenbarung der Erfindung

### Technisches Problem

[010] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine LED bzw. eine LED-Lichtquelle der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der der thermische Widerstand geringer ist als gemäß dem Stand der Technik.

### Technische Lösung

[011] Diese Aufgabe wird durch eine LED der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Rückseitenkontakte mindestens die halbe Fläche, vorzugsweise bis auf notwendige Ausnahmen die gesamte Fläche des LED-PCB abdecken. Die notwendigen Ausnahmen sind z.B. die zur elektrischen Isolation notwendigen Beabstandungen von Leiterbahnen auf unterschiedlichem elektrischen Potential.

[012] Bisher wurden die Kontaktflächen immer nur im Hinblick auf den elektrischen Widerstand dimensioniert und daher mit im Verhältnis zur Erfindung geringerer Querschnittsfläche ausgeführt. Erfindungsgemäß sollen diese Kontaktflächen aber möglichst groß sein, wodurch der thermische Widerstand entsprechend herabgesetzt wird. Dabei ist es günstig, dass die thermische und elektrische Leitung senkrecht durch

das Trägermaterial durchgeführt wird. Derart kann ein möglichst kompakter Aufbau (ohne räumlich ausgedehnte seitliche Kontakte) realisiert werden.

- [013] Es ist günstig, wenn die Rückseitenkontakte mit den Kontaktflächen auf der dem LED-Die zugewandten Seite seitlich des LED-PCB thermisch und gegebenenfalls elektrisch verbunden sind. Dies verbessert nicht nur den thermischen Widerstand, sondern auch die Löt- und Kontaktiereigenschaften.
- [014] Bei isolierenden Platinen (z.B. bei organischen LED-PCBs) bringt man den LED-Die normalerweise auf einer Leiterbahn an. Bei Metallkernplatinen müssen die Leiterbahnen allerdings gegenüber dem Metallkern isoliert sein. Diese Isolierschicht erhöht natürlich den thermischen Widerstand. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, dass - wenn es sich bei dem LED-PCB um eine Metallkernplatine handelt - der LED-Die direkt auf dem Metallkern angebracht ist.
- [015] Alternativ dazu kann man bei einer Metallkernplatine zwischen den Leiterbahnen und dem Metallkern ein elektrisch nichtlineares Isolatormaterial anordnen. Da LEDs mit relativ geringer Spannung betrieben werden, kann man das Isolatormaterial prinzipiell sehr dünn ausführen, ohne dass im Betrieb ein Durchschlag zu befürchten ist. Allerdings kann beim Hantieren z.B. durch statische Aufladung eine höhere Spannung entstehen, die bei dünnem Isolatormaterial zu einem Durchschlag führen und damit die LED unbrauchbar machen könnte. Dies wird mit einem elektrisch nichtlinearen Isolatormaterial verhindert, weil dieses ab einer bestimmten Spannung leitend wird. Dadurch wird statische Elektrizität abgeleitet, ohne dass ein Schaden entsteht. Mit einem elektrisch nichtlinearen Isolatormaterial kann man also mit einer geringeren Dicke auskommen, was den thermischen Widerstand entsprechend reduziert.
- [016] Wenn der LED face-down auf dem LED-Die montiert ist, ist die Lichtausbeute höher, weil dann kein Licht von den sonst notwendigen Bond-Drähten abgeschattet wird.
- [017] Bei einer LED-Lichtquelle der eingangs genannten Art wird die oben genannte Aufgabe erfundungsgemäß dadurch gelöst, dass die Rückseitenkontakte der LEDs auf mindestens der halben Fläche des LED-PCB, vorzugsweise bis auf die notwendigen Ausnahmen vollflächig mit den Kontaktflächen bzw. den Kontakten verlötet sind.
- [018] Es ist günstig, wenn auf der Rückseite der Platine ein Kühlkörper angeordnet ist. Dadurch wird die Wärme von der Platine abgeführt, ohne dass dazu Platz auf der Vorderseite der Platine notwendig ist. Der Kühlkörper kann jeglicher metallische Funktionskörper (z.B. ein Gehäuse) und mit beliebiger Verbindungstechnik thermisch mit der Platine verbunden sein.
- [019] In diesem Fall ist es weiters günstig, wenn die Platine und/oder das LED-PCB Durchkontaktierungen zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit aufweist, wobei vor-

zugsweise die Durchkontakteierungen einen Durchmesser von weniger als 100 µm aufweisen. Dies gilt insbesondere für Platinen aus organischem Material, deren thermische Leitfähigkeit an sich schlecht ist.

### Kurze Beschreibung von Zeichnungen

[020] Anhand der beiliegenden Zeichnungen wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigt: Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen LED-Lichtquelle; Fig. 2 eine Abänderung der in Fig. 1 dargestellten LED; und Fig. 3 eine weitere Abänderung der in Fig. 1 dargestellten LED.

[021] Gemäß Fig. 1 ist ein LED-Die 3 ( $R_{th,LED-Die}$ ) mittels eines Die-Klebers 4 ( $R_{th,Die-Kleber}$ ) auf eine Kontaktfläche (z.B. Leiterbahn 5) eines LED-PCB 6 ( $R_{th,LED-PCB}$ ) aufgebracht. Der LED-Die 3 in Fig. 1 ist face-up montiert und über Bond-Drähte 2 mit den Kontaktflächen (Leiterbahn 5) verbunden. Alternativ hierzu kann dieser auch in einer Face Down Montage direkt auf dem LED-PCB 6 angeordnet sein bzw. dieser auf einem Die-Träger Face Down befestigt sein, und letzterer dann auf der LED PCB angeordnet sein. Zusammen mit den Rückseitenkontakten 7 ( $R_{th,Lötspads}$ ) des LED-PCB 6 stellt diese Anordnung eine eigene LED-Lampe dar. Zur weiteren Verarbeitung kann diese LED-Lampe mittels einer Bestückungstechnik (z.B. SMT) auf eine Platine 9 ( $R_{th,Platine}$ ) assembled werden, die dann optional mit einem Kühlkörper 11 verbunden wird, z.B. über eine Lötfläche 10 ( $R_{th,Lötfläche}$ ).

[022] Der LED-Die 3 ist normalerweise in einem Material 1 mit entsprechenden optischen Eigenschaften eingegossen. Der LED-Die kann auch - wie bekannt - in einen Reflektor eingesetzt werden. Selbstverständlich können auch mehrere LED-Dies zusammen eingegossen oder in einen Reflektor eingesetzt werden.

[023] Der typische thermische Widerstand der Gesamtanordnung gemäß Fig. 1 setzt sich wie folgt zusammen:

$$R_{th} = R_{th,LED-Die} (4 \text{ K/W}) + R_{th,Die-Kleber} (2 \text{ K/W}) + R_{th,LED-PCB} (5 \text{ K/W}) + R_{th,Lötspads} (3 \text{ K/W}) + R_{th,Platine} (2 \text{ K/W}) + R_{th,Lötfläche} (2 \text{ K/W}) = 18 \text{ K/W}$$

[025] Um die Verlotungseigenschaften und die Wärmeabfuhr über die Rückseite zu verbessern, ist es (speziell bei Keramikplatinen und organischen PCBs) zweckmäßig, seitliche Kontaktsschichten 12 (siehe Fig. 2) auszuführen, die die Oberseite des PCB mit der Unterseite des PCB thermisch und gegebenenfalls elektrisch verbinden. Hierdurch können die Löteigenschaften der LED-Anordnung sowohl bei manuellem Löten als auch in einer automatischen Anlage (SMT Wellen- oder Reflowlöten) durch besseren Lotangriff sowie bessere thermische Verteilung verbessert werden. Weiters ist die Lötstelle besser von außen zu beurteilen.

[026] Gemäß Fig. 3 ist der LED-Die 3 nicht auf eine Leiterbahn 5 aufgesetzt, sondern direkt auf den Kern des LED-PCB 6. Dies ist insbesondere bei Metallkernplatinen

sinnvoll, weil hier zwischen den Leiterbahnen 5 und dem Metallkern eine dünne Isolationsschicht notwendig ist, um die Leiterbahnen 5 elektrisch zu isolieren. Diese Isolationsschicht erhöht auch den thermischen Widerstand, sodass die direkte Anordnung des LED-Dies 3 auf dem Metallkern des LED-PCB 6 einen kleineren thermischen Widerstand aufweist.

- [027] In den Ausführungsbeispielen ist immer von Die-Kleber die Rede, die Dies können aber alternativ dazu auch angelötet sein.
- [028] Um den thermischen Widerstand für Hochleistungsanwendungen zu optimieren, sind die thermischen Widerstände der Einzelkomponenten möglichst gering zu halten.
- [029] Hierbei ist zu berücksichtigen, dass durch eine Vergrößerung der Fläche der Komponenten nach dem Übergang zum LED-Träger zwar der thermische Widerstand linear abnimmt, anderseits im Hinblick auf eine hohe Integrationsdichte eine Vergrößerung dieser Fläche für viele Anwendungen unerwünscht ist.
- [030] Es ist daher günstiger, die materialspezifische thermische Leitfähigkeit der einzelnen Materialien zu optimieren bzw. darüber hinaus die Schichtdicke der Komponenten möglichst dünn zu wählen.
  - [031] Folgende Möglichkeiten bieten sich an:
  - [032] I Einsatz von Leitkleber  $d < 10 \mu\text{m}$  mit Leitfähigkeit über  $2 \text{ W/mK}$
  - [033] II Einsatz von Lötkontaktschichten mit thermischer Leitfähigkeit über  $20 \text{ W/mK}$  und einer Schichtdicke unter  $30 \mu\text{m}$
  - [034] III Kontaktfläche/Trägermaterial
- [035] Grundsätzlich können hierzu folgende verschiedene Materialien eingesetzt werden:
- [036] III.1 Keramiken
  - [037] Die Keramik weist ein Keramiksubstrat mit Dünnschicht- oder Dickschichtmetallisierung auf. Um die hohen Leistungsdichten abzuführen, werden bevorzugt AlN oder BN eingesetzt, bzw. man verwendet AlO in sehr dünnen Schichten.
  - [038] III.2 Metallkernplatinen
- [039] Metallkernplatinen bestehen z.B. aus Cu oder Al. Diese werden mit nichtleitenden Schichten versehen, und darauf sind dann Leiterbahnen angeordnet (entweder galvanisch oder durch Beschichten mittels einer Klebe-/Schweißmethode).
- [040] Die Isolationsschicht kann entweder aus organischen Materialien oder dünnen Keramiken bestehen (letztere ist z.B. auf den Metallträger aufgeschlemmt bzw. mit eingearbeiteten Keramiktapes beschichtet).
- [041] Um den thermischen Widerstand der Anordnung weiter zu optimieren, sind bevorzugt möglichst dünne nichtleitende Schichten einzusetzen (dünner als  $50 \mu\text{m}$ ). Dies ist bei LED-Anwendungen grundsätzlich möglich, da LEDs typischer Weise mit einer Gleichspannung von wenigen Volt betrieben werden, sodass keine hohen Durchschlagsfeldstärken auftreten. Allerdings kann es beim Hantieren mit der Leiterplatte zu

elektrischen Entladungen kommen. Um diese elektrischen Entladungen abzuführen, werden in einer bevorzugten Variante der Erfindung die Isolatorschichten der Metallkernplatine elektrisch nichtlinear in einer Art ausgeführt, dass diese bei geringen Spannungen (z.B. unter 100 V) elektrisch isolieren, während diese bei hohen Spannungen (z.B. über 100 V) elektrisch leitend werden. Derartige elektrisch nichtlineare Materialien sind im Stand der Technik bekannt. Alternativ dazu kann der LED-Die direkt auf den Metallkern aufgesetzt werden (Fig. 3). Hierbei werden die geringsten thermischen Widerstände erzielt, und man kann ohne Probleme die Isolatorschichten dick ausführen.

[042] Der Nachteil dieser Anordnung ist, dass für den Aufbau gemäß Fig. 1 gesonderte Aufwendungen notwendig sind, um die elektrische Kontaktierung über die Rückseite vorzunehmen.

[043] Dies kann z.B. durch Anordnen von nach außen isolierenden Metallzylin dern, die von oben und unten kontaktiert werden können, erfolgen.

### [044] III.3 Organische PCBs

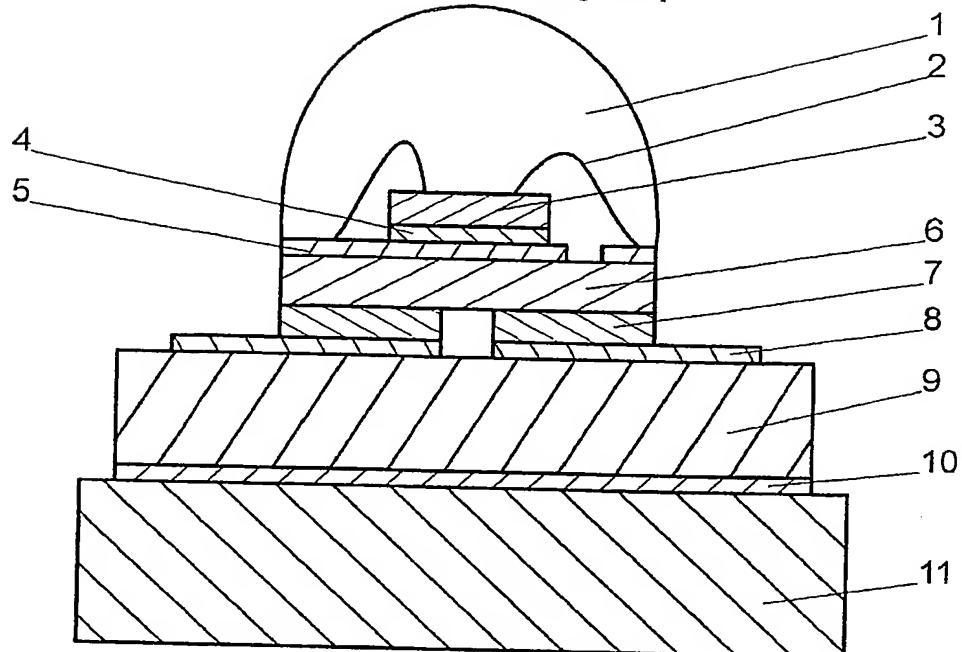
[045] Im Gegensatz zu den oben dargestellten Varianten ist die thermische Leitfähigkeit des Trägermaterials eines organischen PCB sehr schlecht (nur 0,1-0,2 W/mK). Um mit diesen Materialien dennoch eine ausreichende thermische Leitfähigkeit zu realisieren, kann man in der unmittelbaren Nähe des Die Durchkontakteierungen vorsehen, die zumindest teilweise mit Cu gefüllt sind. Je höher die Anzahl der Durchkontakteierungen, umso geringer wird der thermische Widerstand. Um die Wärme hierzu ausreichend zu spreizen, sind Metallisierungsschichtdicken von über 100 µm, bevorzugt über 200 µm notwendig. Typischerweise weisen diese Kanäle einen Durchmesser von einigen Zehntel mm auf. In einer optimierten Variante beträgt der Durchmesser der Kanäle nur wenige Mikro- oder Nanometer. Derart wird ein Substrat mit sehr hoher anisotroper elektrischer und thermischer Leitfähigkeit realisiert.

## Ansprüche

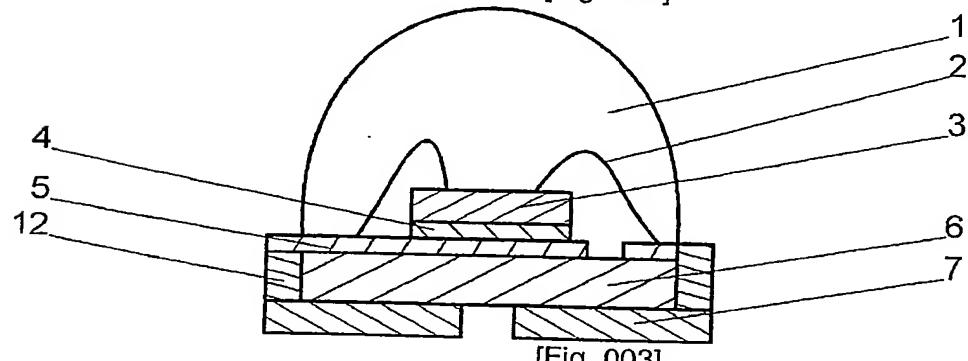
- [001] LED, bei der mindestens ein LED-Die (3) mit einem Die-Attach (4) auf einem LED-PCB (6) angeordnet ist und das LED-PCB (6) an der dem LED-Die (3) gegenüberliegenden Seite elektrische Rückseitenkontakte (7), die gegebenenfalls als Steckkontakte ausgebildet sind, aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückseitenkontakte (7) mindestens die halbe Fläche, vorzugsweise bis auf notwendige Ausnahmen die gesamte Fläche des LED-PCB (6) abdecken. (Fig. 1-3)
- [002] LED nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückseitenkontakte (7) mit den Kontaktflächen (Leiterbahnen 5) auf der dem LED-Die zugewandten Seite seitlich des LED-PCB (6) thermisch und gegebenenfalls elektrisch verbunden sind. (Fig. 2)
- [003] LED nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das LED-PCB (6) eine Metallkernplatine ist und dass der LED-Die (3) direkt auf dem Metallkern angebracht ist. (Fig. 3)
- [004] LED nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das LED-PCB (6) eine Metallkernplatine ist und dass zwischen den Leiterbahnen und dem Metallkern ein elektrisch nichtlineares Isolatormaterial angeordnet ist.
- [005] LED nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der LED-Die face-down auf dem LED-Die montiert ist.
- [006] LED-Lichtquelle mit einer oder mehreren auf einer Platine (9) oder einem Stecker angeordneten LEDs nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Platine (9) Kontaktflächen (Leiterbahnen 8) bzw. der Stecker Kontakte aufweist, mit denen die LEDs kontaktiert sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückseitenkontakte (7) der LEDs auf mindestens der halben Fläche des LED-PCB, vorzugsweise bis auf die notwendigen Ausnahmen vollflächig mit den Kontaktflächen bzw. mit den Kontakten verlötet sind. (Fig. 1)
- [007] LED-Lichtquelle nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Rückseite der Platine (9) ein Kühlkörper (11) angeordnet ist. (Fig. 1)
- [008] LED-Lichtquelle nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platine (9) und/oder das LED-PCB (6) Durchkontaktierungen zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit aufweist, wobei vorzugsweise die Durchkontaktierungen einen Durchmesser von weniger als 100 µm aufweisen.

1/1

[Fig. 001]



[Fig. 002]



[Fig. 003]

